Elektronica en Telecommunicatie 10

Gemeenschappelijke publikatie van de
Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.
Redactie-adres: Prinsessegracht 23, Den Haag.

Rastersynchronisatie van PCM-signalen bij radio-transmissie [1])



door **ir. C. J. van Elk,** N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie, Huizen

Summary: *Format synchronization of PCM signals over radio.*
A PCM telemetry reception system requires two types of synchronization before decommutation.
First the PCM bit synchronizer detects the data and generates the bit sync and next the data stream has to be divided (synchronized) into frames. The latter is performed by a synchronization pattern at the beginning of each frame.

Since radiotransmission with limited power is employed, the inherent low signal-to-noise ratios cause errors in the detected data which also affects the successful recognition of the synchronization pattern.

The operation and strategy of the frame synchronizer to deal with this problem is described.

1. Inleiding

Telemetriesystemen bevatten een groot aantal kanalen die meestal na elkaar worden afgetast en verzonden. Dit principe heet tijd-multiplex. Bij een digitaal systeem wordt elke bemonstering in een aantal bits (*b*inaire dig*its*), bijv. 8, gecodeerd. Deze groep bits wordt nu woord genoemd en als *p*uls-*c*ode-*m*odulatie (PCM) aan een zender aangeboden (fig. 1).

Indien de commutator waarmede de kanalen in tijd-multiplex worden afgetast nu weer in de beginstand staat, noemen we de inmiddels verkregen groep woorden een raster (frame, cycle). Om dit punt in het raster te markeren worden de daar aanwezige woorden (kanalen) vervangen door een groep synchronisatiebits. We noemen dit het geconcentreerde rastersynchronisatiepatroon.

Indien de kanalen niet eenmaal per raster, maar meerdere malen worden afgetast noemt men dit supercommutatie. Kanalen die niet elk raster, maar eens per bijv. 8 rasters worden bemonsterd, heten subgecommuteerd. Een dergelijke samenstelling van rasters heet een formaat en ook hieraan wordt een (ander) synchronisatiesignaal meegegeven.

In het grondstation bevindt zich een ontvangersysteem dat het automatisch volgen van de antenne bestuurt en tevens het gedemoduleerde video-signaal aan een 'PCM-synchronizer' aanbiedt. Deze 'synchronizer' tracht met optimale middelen, zoals synchrone technieken, vast te stellen of het in de ruis verborgen signaal een '1' of '0' is en bevat hiertoe o.a. een vliegwielcircuit, waarmee de bitfrequentie wordt gegenereerd. Bij acquisitie, dit wil zeggen wanneer uit de ruis langzamerhand een bruikbaar signaal beschikbaar komt, is dit vliegwielcircuit nog niet geheel in frequentie en fase gelijk met de binnenkomende data-signalen. Men noemt dit verschijnsel 'bit slippage'.

De goede werking van deze 'bit synchronizer' is van groot belang voor de prestatie van het gehele telemetriesysteem. Hieronder wordt verstaan: snelle synchronisatie, goede vliegwielwerking en foutloze detectie.

Nadat het vliegwielcircuit van de 'bit synchronizer' uit de data de bitfrequentie heeft afgeleid moet vervolgens het begin van de rasters vastgelegd worden.

Daar elk woord een vaste relatie tot dit beginpunt heeft, kan aldus een adres worden geformeerd waarmee uiteindelijk een gewenst woord kan worden gevisualiseerd. De taak van de 'rastersynchronisatieschakeling' (format synchronizer, synchronisateur secondaire) is nu om het synchronisatiepatroon optimaal te detecteren, dit wil zeggen acquisitie in de korst mogelijke tijd te bewerkstelligen en daarbij maximale zekerheid te hebben dat acquisitie op het echte synchronisatiepatroon heeft plaatsgevonden. Tevens moet er een bescherming aanwezig zijn om een vergrendeling op een vals patroon uit te sluiten. Onder vals patroon verstaan we een combinatie van kanalen in het raster dat gelijk is aan of sterke overeenkomst heeft met het synchronisatiepatroon.

2. Berekening van de drempel

Uit fig. 2 blijkt dat bij een zekere signaal-ruisverhouding een statistisch bepaalde kans bestaat dat door de 'PCM bit synchronizer' een bit foutief wordt gedetecteerd. Bij grote signaal-

[1]) Voordracht gehouden tijdens de 202e werkvergadering van het NERG op 20 maart 1969 te Delft.

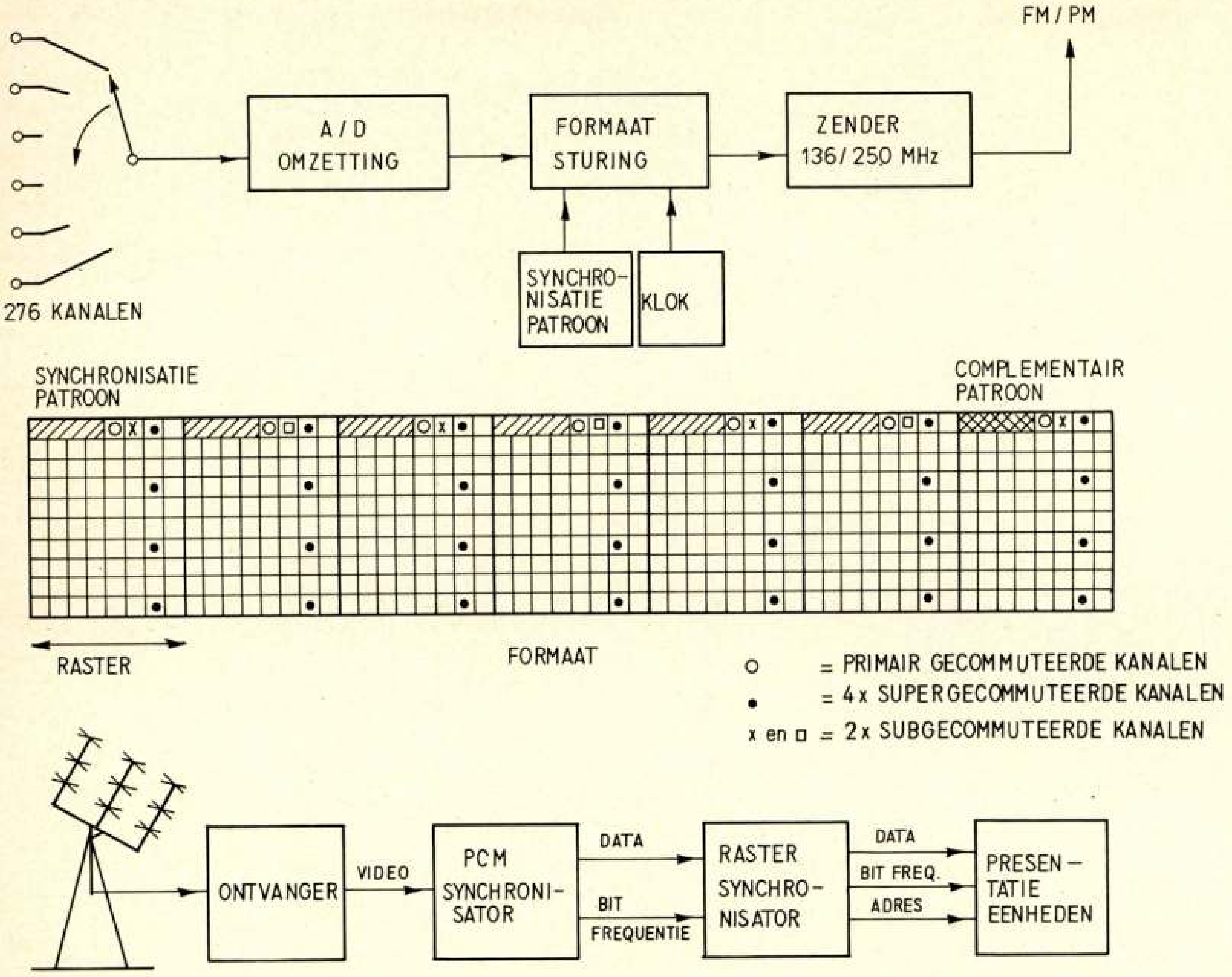


Fig. 1. PCM-telemetrie-systeem.

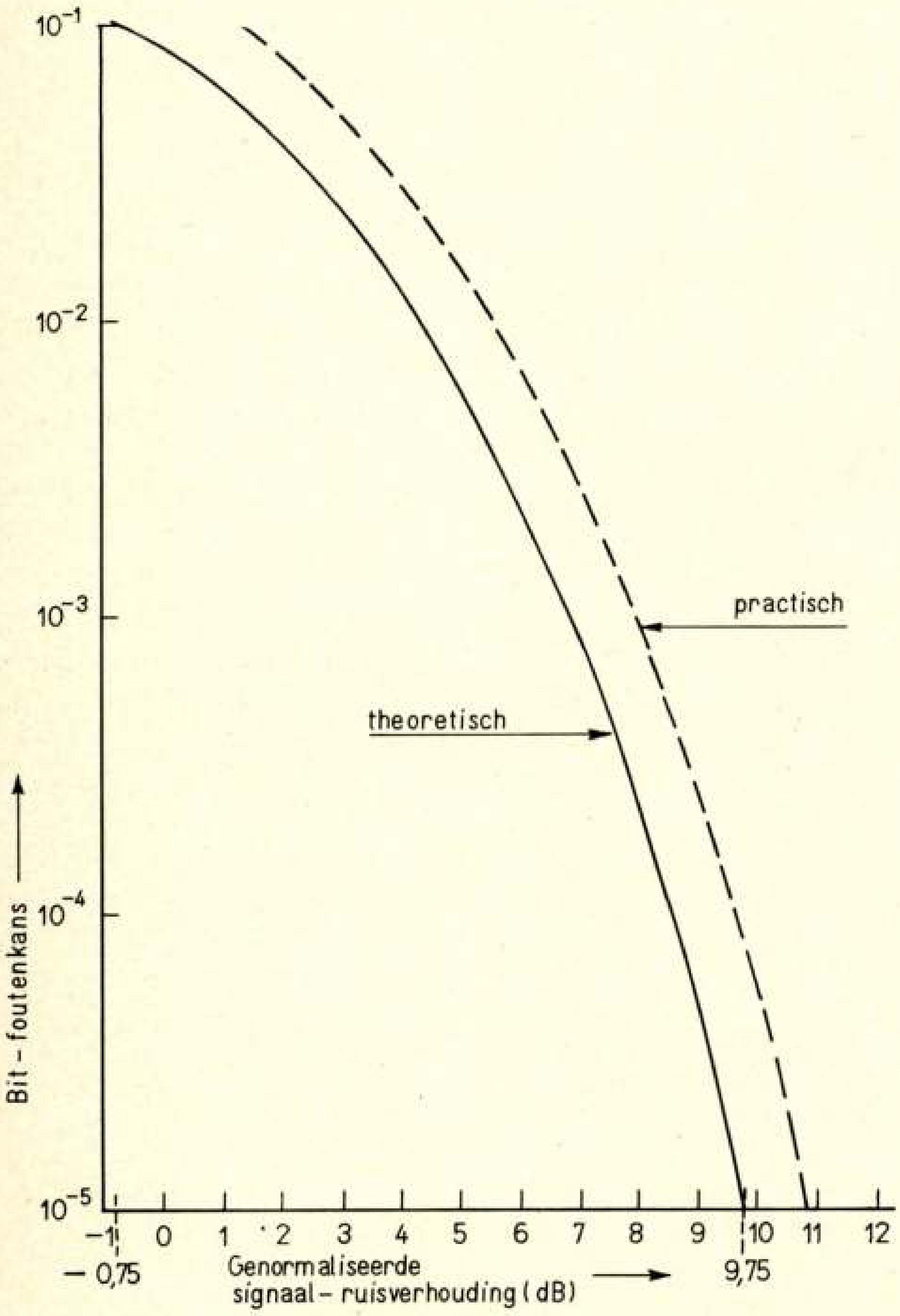


Fig. 2. De statistische kans dat ten gevolge van ruis een data-bit foutief gedetecteerd wordt.

ruisverhoudingen is deze kans gering, bij zwakke signalen echter treden veelvuldig fouten in de detectie op. Ten gevolge van de begrensde werking van de elektronische subsystemen is de praktische grens zelfs al eerder bereikt dan de theoretische.

Indien we nu de herkenning van het synchronisatiepatroon zouden doen geschieden door bit voor bit te kijken of in de ontvangen data-stroom een patroon te vinden is dat volledig overeenkomt met het verwachte patroon, kunnen we met grote zekerheid aannemen dat we het juiste patroon hebben herkend. Dit zou bijzonder lang duren, daar dit geen fouten in de detectie en dus een goede signaal-ruisverhouding vereist.

Indien door grote afstand tussen zender en ontvanger de signaal-ruisverhouding niet groot kan worden, zou zelfs in het geheel geen synchronisatiepatroonherkenning plaatsvinden. Indien we de herkenning met fouten toelaten, met andere woorden, indien we niet eisen dat alle bits overeenkomen, maar bijv. slechts 80%, is bij zeer veel slechtere signaal-ruisverhouding reeds een herkenning mogelijk. De kans echter dat we een valse herkenning doen in een 'random data'-patroon neemt nu ook sterk toe.

In fig. 3 zijn deze kansen uitgezet voor een raster van 1000 bits en een synchronisatiepatroon van 32 bits lengte. We nemen aan dat de data 'random' (een volledig willekeurige opeenvolging van '1' en '0') zijn en berekenen nu de kans dat er een synchronisatiepatroonherkenning plaatsvindt, indien er N of meer fouten in de herkenning worden toegelaten. Zoals is te zien, neemt deze valse herkenningswaarschijnlijkheid sterk toe indien we een groot aantal fouten, bijv. 7 of 8, toelaten.

Aan de linkerzijde van fig. 3 zien we wat de kans is dat er in een synchronisatiepatroon van 32 bits N of meer verminkingen voorkomen. Uiteraard is dit afhankelijk van de ontvangen signaal-ruisverhouding en is de daarmede samenhangende bitfoutenkans als parameter gebruikt.

Uit de figuur blijkt duidelijk dat er bij slechte signaal-ruis-

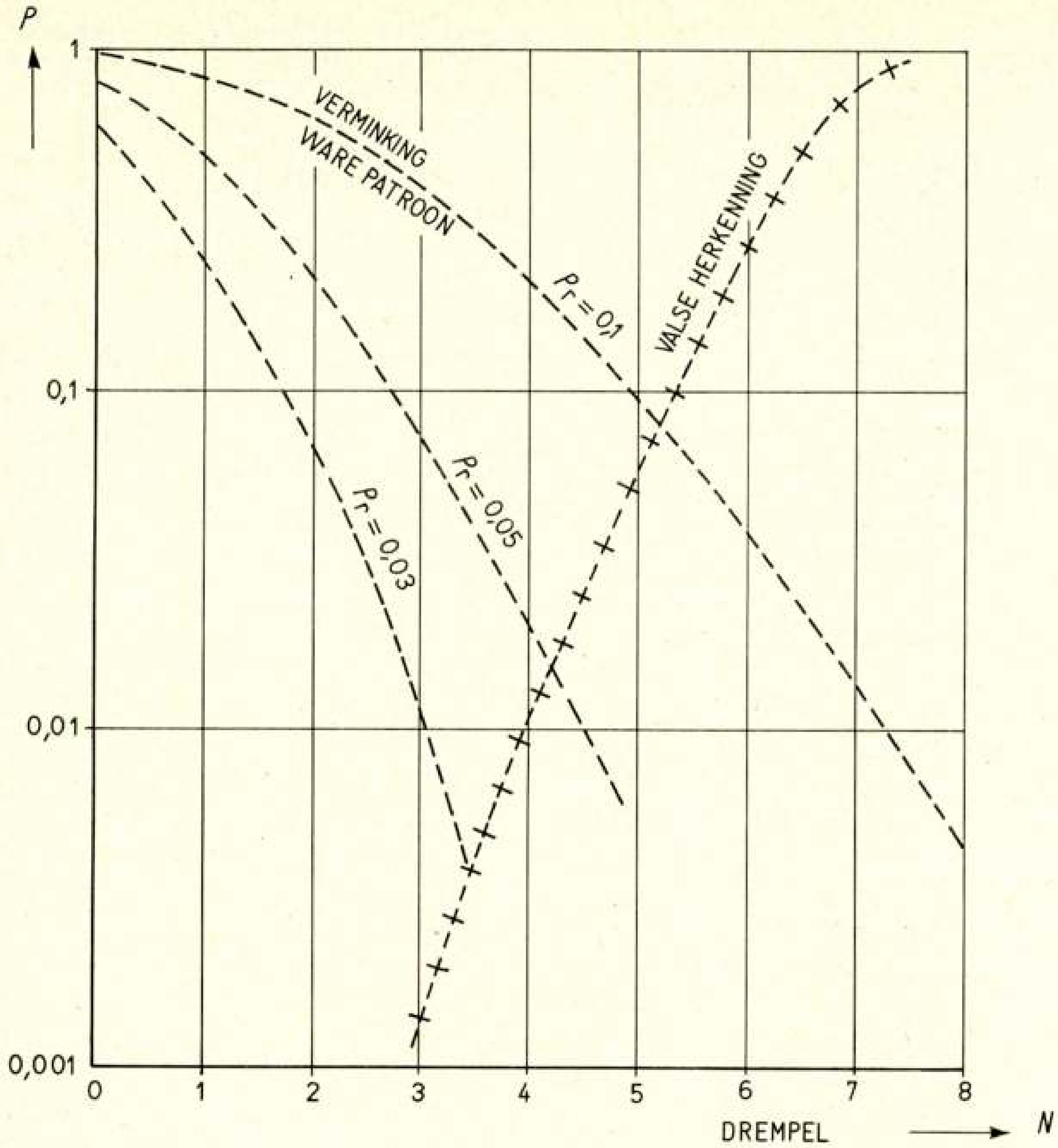


Fig. 3. De kans van de aanwezigheid van *N* of meer fouten in hét 'ware synchronisatie'-patroon met de bit-foutenkans als parameter en de kans op een valse herkenning in het 'random data'-patroon.

verhoudingen een grotere kans op verminkingen bestaat. Indien we nu stellen dat we bedrijf wensen bij een P_r van 0,1, d.w.z. dat van elke 10 bits er gemiddeld één fout zal zijn, lezen we af dat er bij acquisitie van het systeem een kans van tien procent is dat het uitgezonden synchronisatiepatroon niet wordt herkend, maar dat er wel een valse herkenning in het 'random data'-patroon optreedt. Er worden in het herkenningscircuit dan 5 fouten toegelaten.

Het is wenselijk dat bij een $P_r = 0{,}1$, hetgeen overeenkomt met een signaal-ruisverhouding van 0 dB, de voorafgaande 'PCM bit synchronizer' reeds volledig in synchronisatie is.

3. Blokdiagram

In een blokdiagram wordt de werking van het apparaat verduidelijkt. Fig. 4 laat zien dat de data naar een register worden gevoerd dat wordt bedreven met de bitfrequentie als schuifimpuls. Aan dit schuifregister is een bufferregister verbonden dat de informatie aan een computer aanbiedt. Gedurende bijvoorbeeld de kritieke fase van vluchtvoorbereiding van een draagraket is bewerking van de telemetriegegevens en bewaking van essentieel gevaarlijke parameters noodzakelijk.

Voor de synchronisatiepatroonherkenning wordt gebruik gemaakt van een analoog sommeringscircuit dat is geprogrammeerd voor het te verwachten synchronisatiepatroon. Indien nu een bepaalde spanningsdrempel wordt overschreden, wordt een impuls afgegeven die de woordteller in de nulstand plaatst. De hoogte van de spanningsdrempel komt overeen met het aantal gewenste juiste herkenningen uit het patroon.

Het adres is nu bepaald door tellers, nl. de bit-, woord- en rasterteller. De bit-woordteller telt telkens het aantal bits in een woord en wekt aldus woordsynchronisatie-impuls op. Door deze woordsynchronisatie-impulsen te tellen, verkrijgt men het woord-adres in het raster. Door tenslotte ook nog het aantal rasters te tellen, verkrijgt men uiteindelijk het adres in het formaat. Voor deze formaatsynchronisatie gebruikt men meestal het complementaire synchronisatiepatroon.

De verkregen resultaten van de synchronisatiepatroonherkenning worden tevens toegevoerd aan het synchronisatielogica-systeem dat de uiteindelijke beslissing neemt tot het nulzetten van de tellers waarmee de synchronisatie dus een feit is. Deze 'logica'-circuits bieden ook bescherming tegen synchronisatie op een vals synchronisatiepatroon.

De synchronisatieschakeling biedt ook de mogelijkheid om een formaat te ontvangen dat is voorzien van een identificatiewoord. In dit geval wordt in het raster behalve voor het synchronisatiepatroon ook nog ruimte voor een woord gereserveerd. Dit woord bevat in binaire notatie het adres van het raster in het formaat, zodat na rastersynchronisatie niet de formaatsynchronisatie behoeft te worden afgewacht om de subgecommuteerde kanalen te adresseren. Het apparaat behandelt het woord met het rasteradres ook via een logisch systeem.

Tenslotte kan door de rastersynchronisatieschakeling op elk woord een even of oneven pariteitscontrole worden verricht.

4. De synchronisatie-logica

In de synchronisatie-logica-circuits wordt de impuls van de synchronisatiepatroonherkenning verder verwerkt. Aan de hand van het 'flow'-diagram van fig. 5 wordt de werking nagegaan.

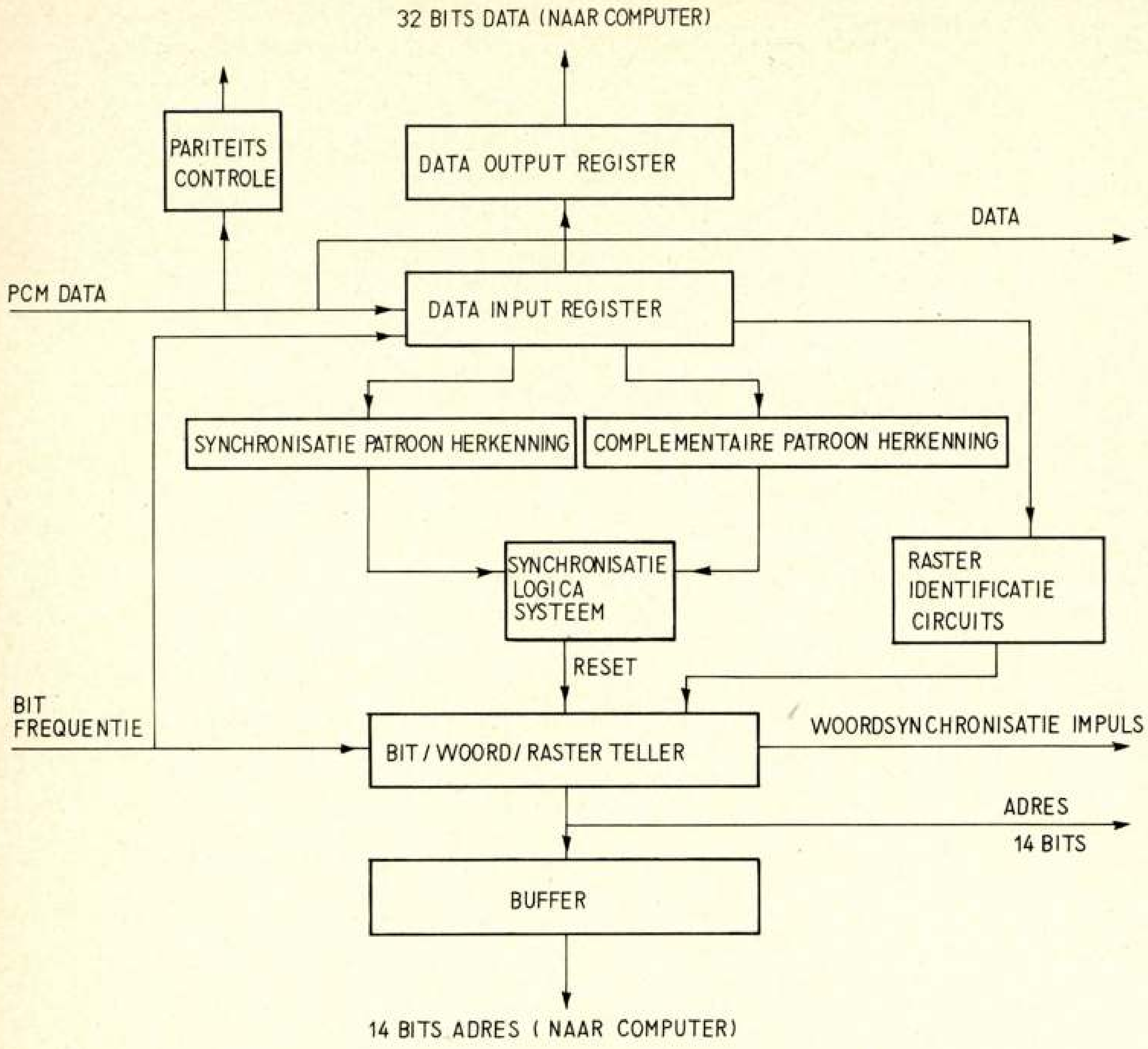


Fig. 4. Blokdiagram van de rastersynchronisator.

Het apparaat wacht in de initiële fase tot er een synchronisatiepatroon met een vastgesteld minimum aantal fouten herkend wordt. Deze toestand heet 'search'.

Bij een positief resultaat gaat het systeem een stap verder en komt in de fase die 'check' wordt genoemd. In deze fase wordt nu:

1. Een nieuwe drempel aangelegd, d.w.z. er wordt een ander aantal fouten toegelaten.
2. Gecontroleerd of de volgende synchronisatiepatroonherkenning op rasterafstand plaatsvindt.
3. Gezocht of er een patroonherkenning op een andere dan de rasterafstand plaatsvindt.

In dit laatste geval wordt de 'valse synchronisatie'-teller een stand verder gezet. Ook indien geen tweede rastersynchronisatieherkenning op rasterafstand wordt gevonden, stapt de 'valse synchronisatie'-teller een stap verder.

Indien wel een rastersynchronisatieherkenning op rasterafstand plaatsvond, wordt zulks in de 'ware synchronisatie'-teller genoteerd. Indien de 'valse synchronisatie'-teller tweemaal een impuls heeft ontvangen, wordt dit gewaardeerd als valse synchronisatie en gaat het systeem weer naar de 'search'-fase terug.

In het voorgaande is gesproken over controle op het synchronisatiepatroon op rasterafstand. Deze afstand wordt gevonden door het aantal bit-impulsen te tellen en dan te controleren of na het voorgeschreven aantal het synchronisatiepatroon inderdaad weer aanwezig is.

Het is echter mogelijk dat in de 'PCM-synchronizer' het vliegwielcircuit dat de bit-impulsfrequentie opwekt nog niet helemaal in synchronisatie is en er dus 'bit slippage' optreedt. Met de mogelijkheid van het optreden van 'bit slippage' wordt rekening gehouden door niet alleen op de nominale afstand maar ook op een bitplaats er voor en er achter naar het synchronisatiepatroon te zoeken. Zolang het synchronisatiepatroon zich in dit tijdvenster van drie bitplaatsen bevindt, wordt het gedetecteerd.

Indien nu op bovenbeschreven wijze twee 'ware synchronisatie'-herkenningen zijn gevonden, gaat het apparaat over in de volgende fase die 'lock'-fase wordt genoemd. Nu wordt de derde drempel aangelegd en tevens het tijdvenster verkleind tot één bit. Buiten dit venster van één bit wordt niet meer naar een ander synchronisatiepatroon gezocht om dubbelzinnigheid te vermijden.

De schakeling controleert nu voortdurend of er op de nominale afstand een synchronisatiepatroon aanwezig is. Ontbreekt het synchronisatiepatroon dan wordt direct weer de 'check'-fase ingeschakeld. Indien in de 'check'-fase het aantal malen, dat het synchronisatiepatroon ontbreekt, een bepaalde waarde te boven gaat – deze waarde is instelbaar tussen 2 en 7 – wordt er teruggeschakeld naar de 'search'-fase. Door deze laatste logica heeft de rastersynchronisator evenals de PCM-synchronisator ook vliegwieleigenschappen.

In het voorafgaande wordt gebruik gemaakt van drie verschillende drempels, voor elke fase één. Het blijkt dat dit een snellere acquisitie geeft dan een enkele drempel voor alle fasen. De oorzaak is hierin gelegen dat voor een vaste drempel een betrekkelijk hoge waarde moet worden gekozen om een vergrendeling op een vals patroon te voorkomen. Dit houdt dus in dat ook

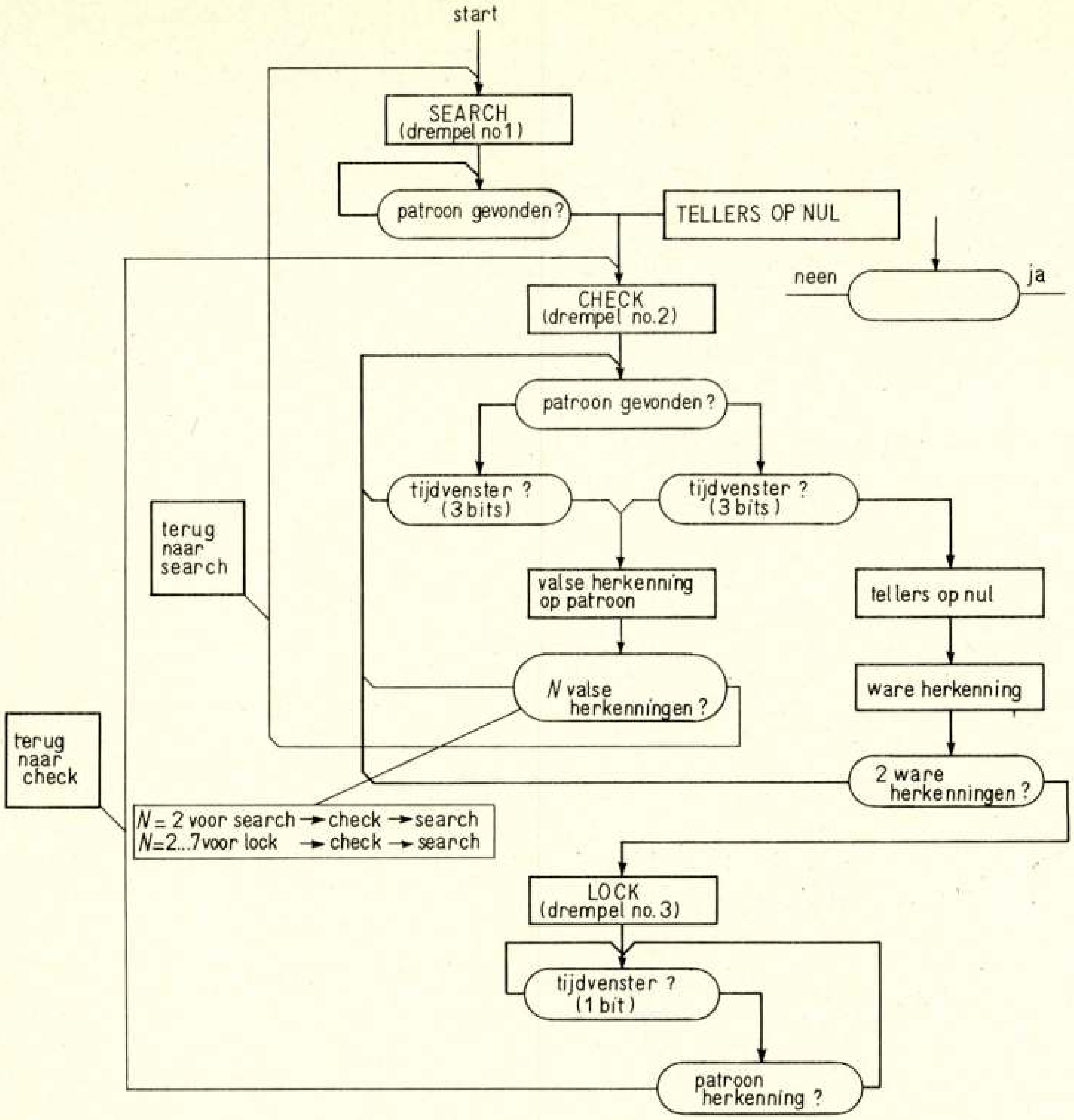


Fig. 5. Het synchronisatie-logica-systeem dat de strategie bepaalt.

de acquisitiedrempel in de 'search'-fase vrij hoog is. Door nu de acquisitiedrempel te verlagen vindt de acquisitie sneller plaats. De drempels in de verificatie-fase en de vergrendeling-fase bieden bescherming tegen valse synchronisatie.

De programmering van elke fase is afhankelijk van het aantal bits in een formaat of raster en volgt uit de waarschijnlijkheidsrekening. De programmering van de vliegwielmodes is sterk afhankelijk van de eigenschappen van de 'PCM bit synchronizer' (zie 6).

5. Synchronisatiepatrooneigenschappen

Bij de bespreking van de synchronisatiepatroonherkenning en bij het afwegen (hoofdstuk **2**) van de waarschijnlijkheden is de vorm van de code niet ter sprake gekomen. Deze is echter zeer belangrijk voor het vaststellen van het juiste tijdstip waarop het synchronisatiepatroon aanwezig is. Het is duidelijk dat een patroon van bijv. 32 bits met een waarde 1 of 32 bits met een waarde 0 een slechte discriminatie geeft. Laat men in de herkenning fouten toe, dan is dit patroon zelfs onbruikbaar.

Een goed bruikbaar synchronisatiepatroon heeft een piek in de autocorrelatie-functie en daarnaast een correlatie die gelijk is aan of kleiner dan 0,5 (fig. 6).

Men maakt veelal gebruik van de zogenaamde Barker-codes. Er zijn slechts drie Barker-codes bekend en om nu willekeurige synchronisatiepatronen te maken, stelt men deze samen uit de drie bekende codes en hun inversen. Er zijn door middel van computerberekeningen ook cyclische codes van willekeurige lengte bepaald die de gewenste eigenschappen hebben.

6. Synchronisatiesystemen

Er bestaan verschillende synchronisatiesystemen waarvan er enige in fig. 7 zijn aangegeven.

Het eerste is het eenvoudigste systeem, met een synchronisatiepatroon per raster en het complementaire patroon voor het formaat.

Het tweede systeem wordt gebruikt bij lagere bitsnelheden en bij het voorkomen van zeer veel rasters in een formaat. Er is nu een woord gereserveerd dat in binaire codering het adres van het raster bevat. Op dit woord wordt een soortgelijke bewerking als op het synchronisatiepatroon toegepast. Het voordeel van dit systeem is dat men bij acquisitie en re-acquisitie geen nieuwe formaatsynchronisatie behoeft af te wachten maar dat uit het raster zelf reeds de plaats en dus het adres in het formaat bekend wordt.

De derde methode is gelijk aan de tweede behalve dat het synchronisatiepatroon en zijn complement alternerend per raster voorkomen. Deze methode wordt gebruikt indien men verwacht dat er veel niet-veranderende (gelijkstroom) parameters zullen worden overgedragen, waar een valse vergrendeling op zou kunnen plaatsvinden, indien een groep parameters op de synchronisatiecode gelijkt.

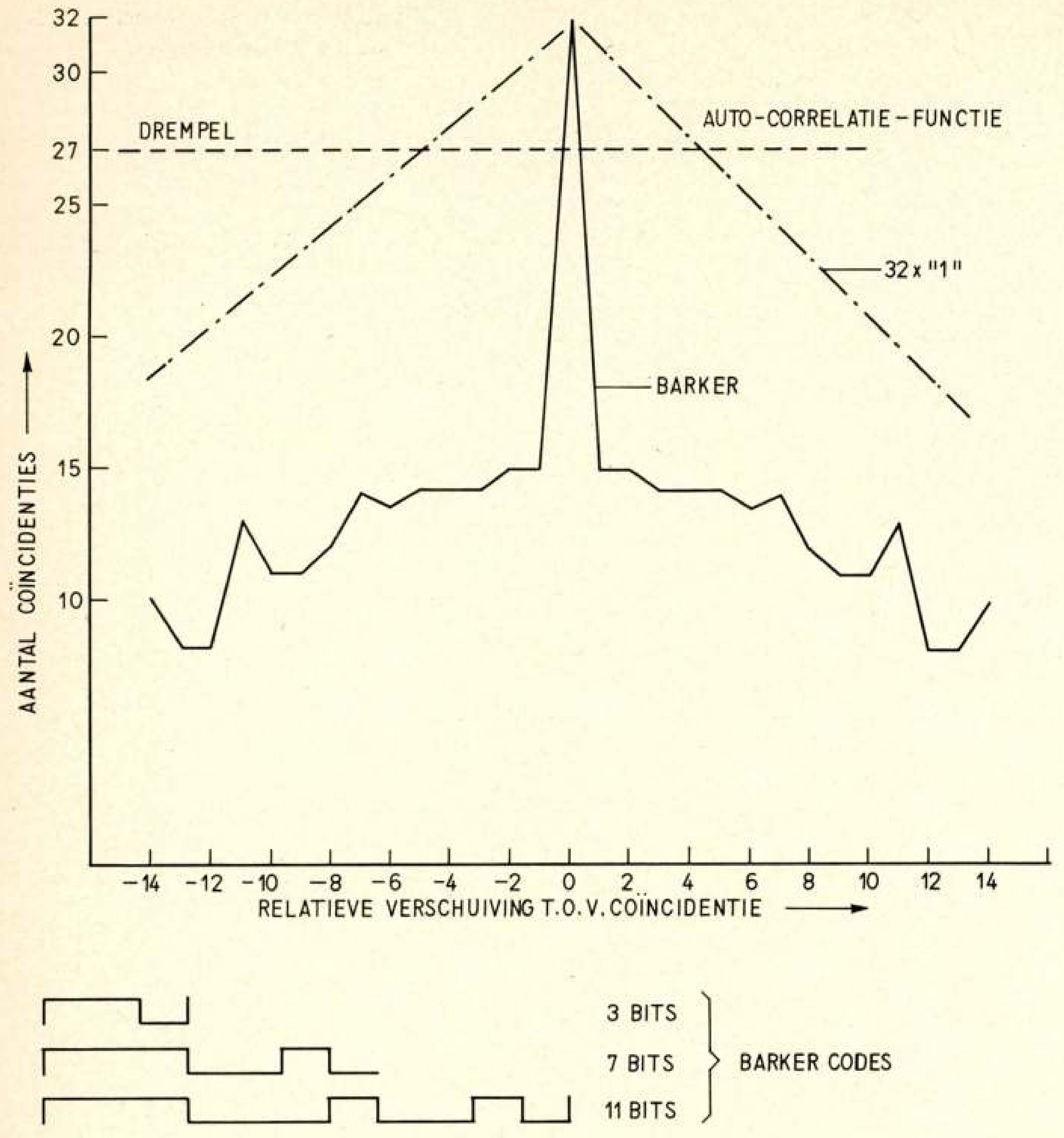


Fig. 6. Autocorrelatie-functie van een Barkercode en een patroon dat uit 32 bits met waarde 1 bestaat. Dit laatste patroon is onbruikbaar.

De hier beschreven methoden zijn opklimmend in technische complexiteit, hetgeen vooral voor eenvoudige telemetriesystemen een belangrijke factor bij het bepalen van het toe te passen synchronisatiesysteem kan zijn.

De programmering van de strategie van de rastersynchronisatie is voor wat betreft de drempels afhankelijk van de berekening van de foutenkans. Bij het bepalen van het criterium voor het terugschakelen van de 'check'-fase naar de 'search'-fase (zie hoofdstuk **4**) is de specificatie van de voorgeschakelde 'PCM synchronizer' belangrijk.

Indien de 'PCM synchronizer' bij het onderbreken van de transmissie betrekkelijk uit de vliegwielsynchronisatie geraakt, heeft het geen zin de formaatsynchronisatie langer in de vliegwielmode te houden, daar er in dat geval toch weer eerst een volledige nieuwe acquisitie noodzakelijk is.

Ook de kwaliteit van de telemetriesignalen tijdens de vlucht speelt een rol. Zoals in fig. 8 is aangegeven, zal in een telemetriesysteem dat bijv. bij de lanceerbasis staat opgesteld de acquisitie snel plaatsvinden; er is immers een goed signaal en tijd genoeg. Gedurende de vlucht wordt het signaal slechter en valt ten gevolge van sterke ionisatie tijdens de separatie van eerste en tweede trap geheel weg. Indien nu de 'PCM synchronizer' zeer stabiel is kan ook voor de rastersynchronisatie een lange vliegwieltijd worden gekozen zodat de re-acquisitie zeer snel plaatsvindt.

Voor een telemetrie-volgstation op afstand is de situatie verschillend, daar acquisitie wel belangrijk is en re-acquisitie behoudens in bijzondere omstandigheden niet zal voorkomen. Acquisitie vindt nu plaats bij een slechte signaal-ruisverhouding en van ionisatie bij de separatie van de raketdelen wordt geen hinder ondervonden, daar men onder een gunstige hoek naar het meetobject kijkt.

Er bestaat een kunstgreep om de kanalen die gedurende een mislukte acquisitie niet gedecommuteerd konden worden, toch weer te regenereren. Gedurende de vlucht worden nl. uit veiligheidsoverwegingen de data op een magneetband vastgelegd. Door nu de tijdsturing van de rastersynchronisator te veranderen en de band na afloop van de vlucht achterstevoren af te spelen, acquireert het apparaat op de data met een goede signaal-ruisverhouding en gaat snel in de vliegwielmode. De decommutatie gaat nu in de tijd terug en de vliegwielmode blijft ook gehandhaafd op het moment dat de transmissie onderbroken werd. Op deze wijze is het apparaat in synchronisatie gedurende de oorspronkelijke acquisitiefase tijdens de vlucht.

7. Technologie

In het kader van de European Launcher Development Organization is volgens de in de voorgaande hoofdstukken beschreven filosofie een rastersynchronisator ontwikkeld.

Het apparaat is gebouwd in een lade die de standaardbreedte van 19 inch heeft (zie fig. 9). De hoogte is 5 E ($8^3/_4$ inch). De lade is voorzien van telescopische rails en een kantelmechanisme, waardoor een goede toegang ten behoeve van in-

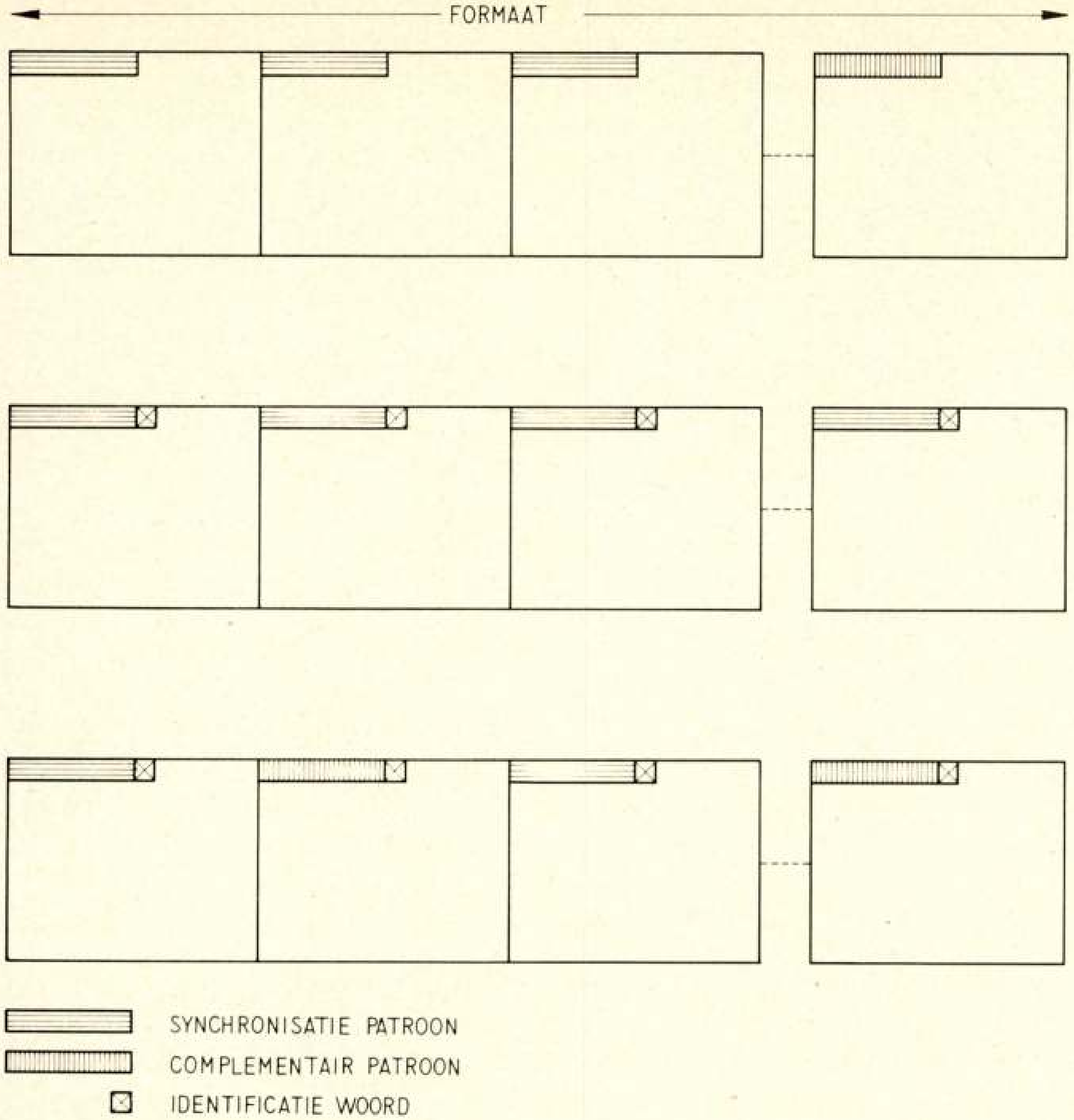


Fig. 7. Verschillende synchronisatiesystemen.

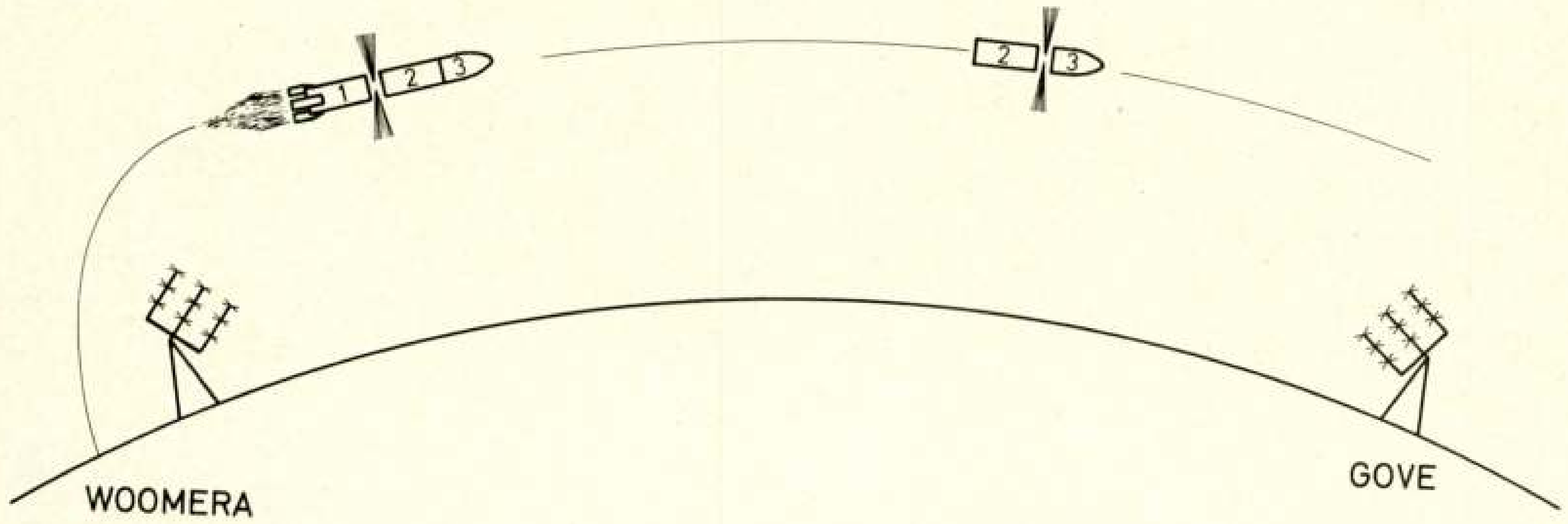


Fig. 8. Vluchtplan van de Europa I draagraket. Lanceerbasis in Woomera en volgstation te Gove in Noord-Australië.

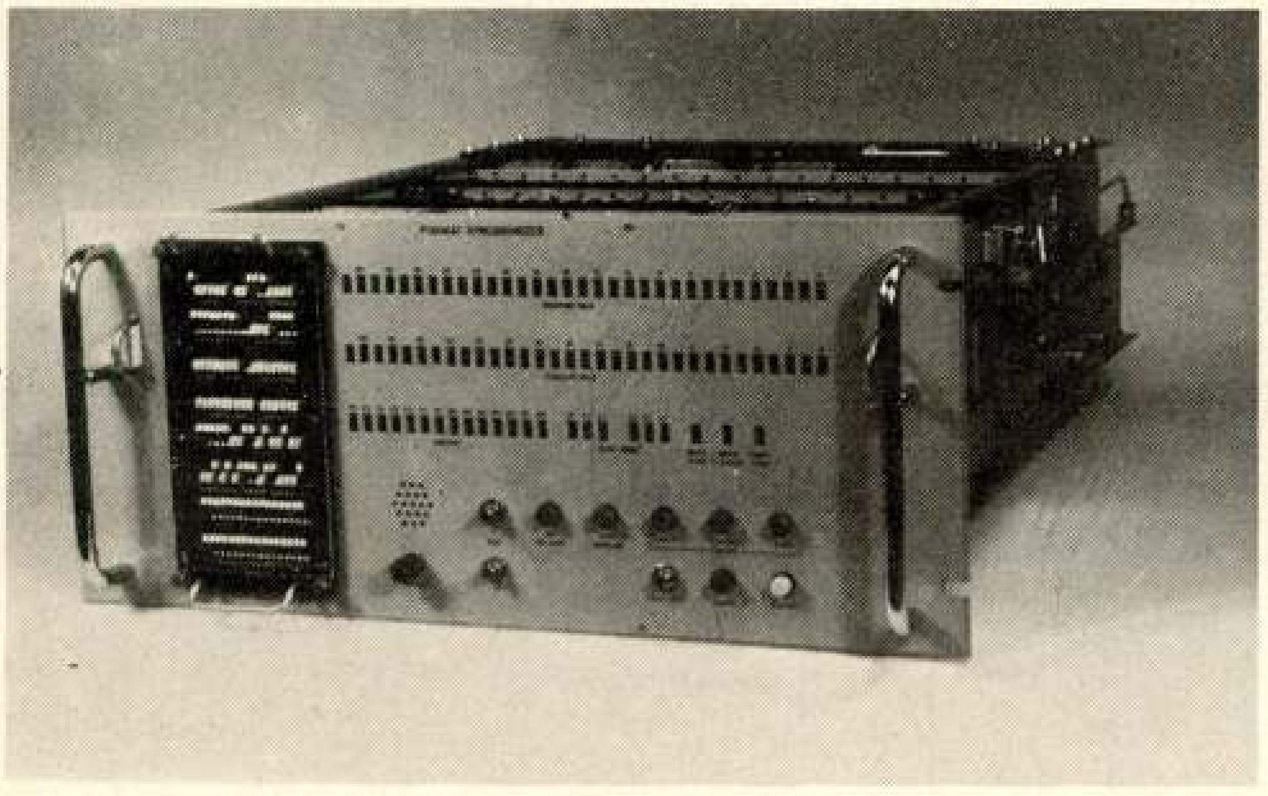


Fig. 9. Frontaanzicht van de rastersynchronisator.

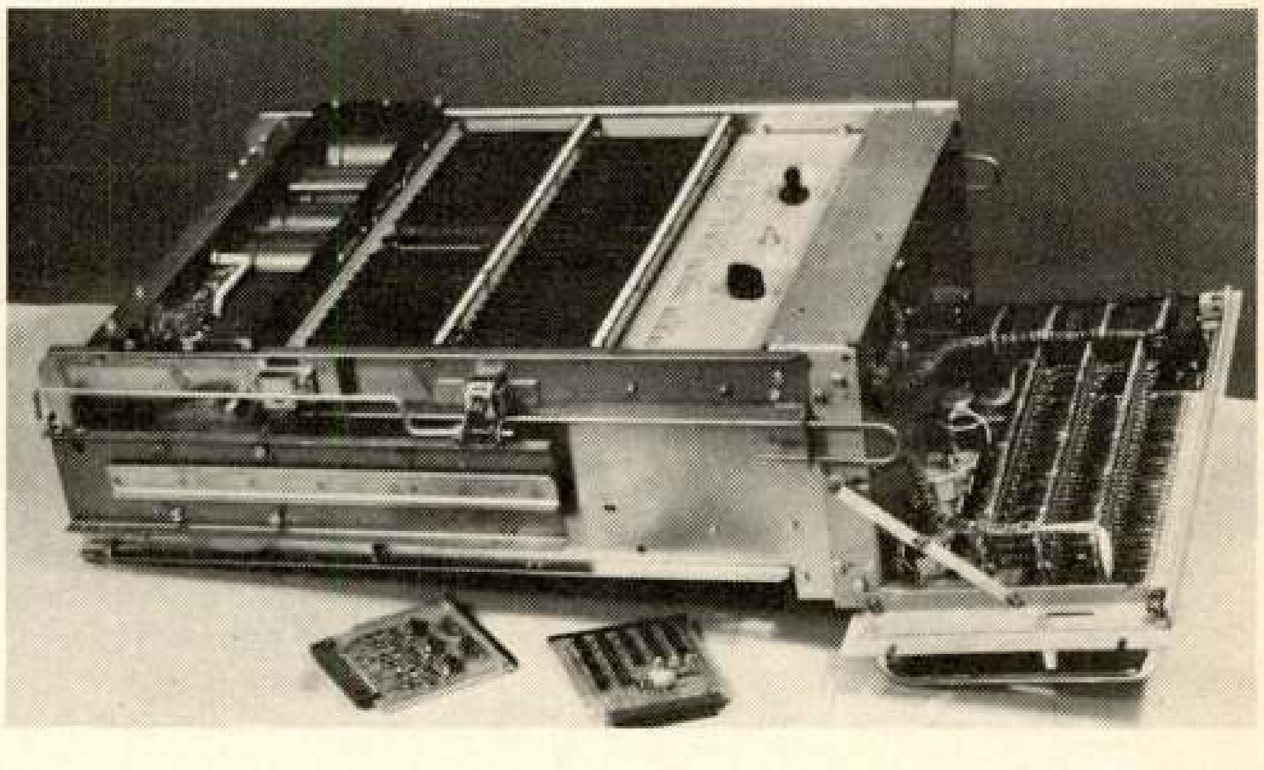


Fig. 10. De lade met de vier boxen. Op de voorgrond twee printkaarten met geïntegreerde circuits.

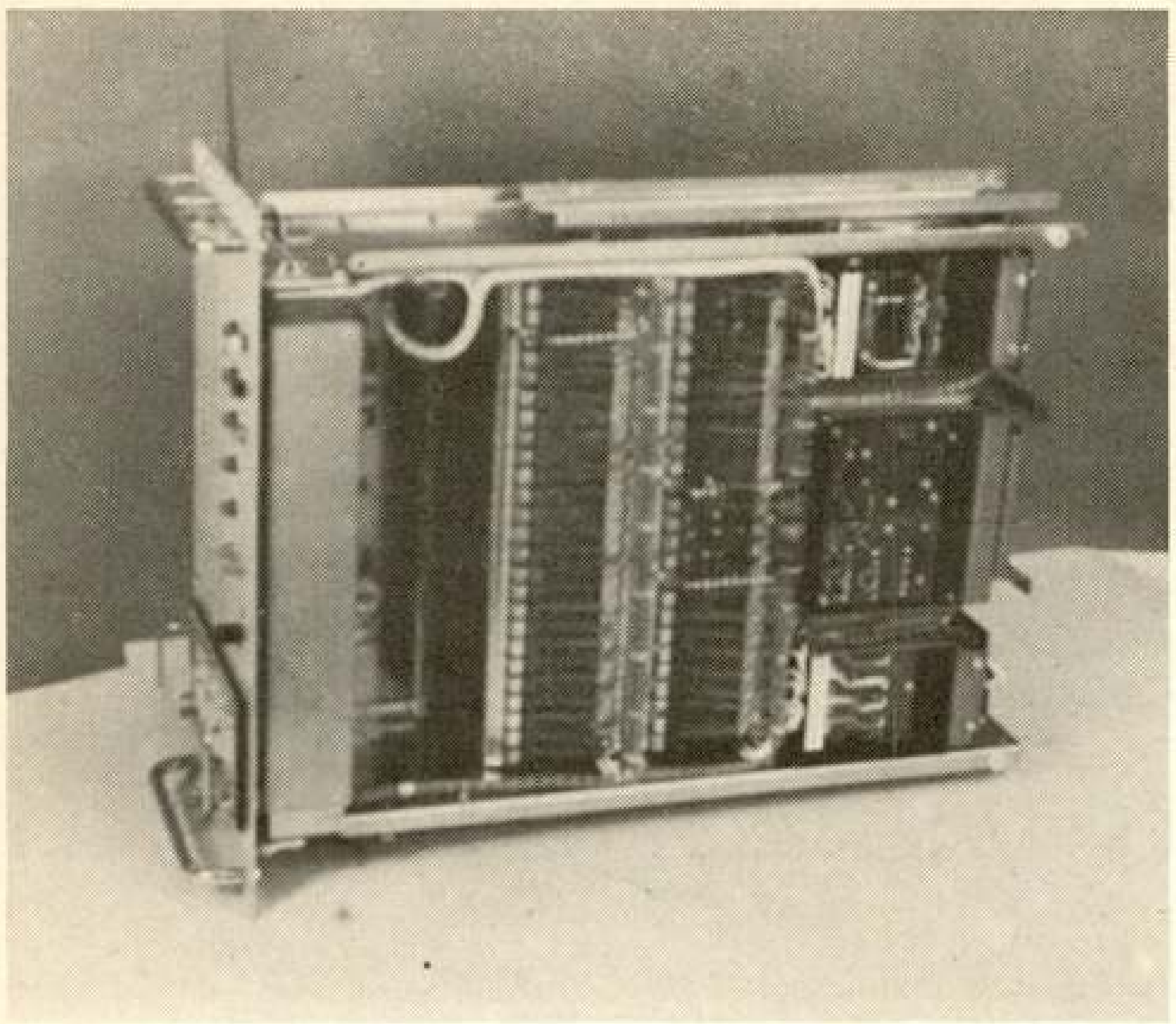


Fig. 11. Het pennenveld met de miniatuur 'wire wrap'-verbindingen.

spectie is verkregen. In de lade zijn een viertal boxen aangebracht (zie fig. 10). Twee ervan bevatten printkaarten, de derde een testpaneel en tenslotte de vierde de ingebouwde voeding, waardoor het apparaat onafhankelijk wordt van een reeds bestaande systeemopzet. De printkaarten zijn uitgevoerd in dubbelzijdige doorgemetalliseerde microprint-technologie. De digitale bouwstenen bestaan voor het merendeel uit 'dual-in-line integrated circuits'. Een twintigtal van deze circuits worden op een printplaat geplaatst. Vijfentwintig printplaten kunnen in een box worden geschoven.

De printplaten zijn onderling met behulp van een 48-polige steker doorverbonden met draad die volgens een miniatuur 'wire-wrap'-methode wordt bevestigd. De 'wire wrap'-methode is noodzakelijk daar bij een veld van 2500 pennen op een beperkt oppervlak geen soldeerverbinding kan worden aangebracht zonder de isolatie van de verbindingsdraden ernstig te beschadigen (zie fig. 11). Een intern testpaneel laat een snelle functionele test van het apparaat toe.

Op het frontpaneel zijn verder geen operationele schakelaars enz. aangebracht doch uitsluitend indicatoren om de werking zichtbaar te maken. Hier bevindt zich ook een eenvoudig en snel verwisselbare 'plug-in'-eenheid, die het formaat en de programmering bepaalt. Tevens bestaat de mogelijkheid om het formaat en de programmering door een rechtstreeks aan te sluiten computer te laten bepalen.

Verkorte specificatie

- bit frequentie : 10 tot 10^6 bits/s
- woordlengte : 3 tot 32 bits
- rasterlengte : 4 tot 128 woorden
- formaatlengte : 4 tot 128 rasters
- drie vliegwielfasen met voor ieder een programmeerbare drempel
- pariteitscontrole
- 'plug-in'-programma, indien gewenst te vervangen door directe verbinding met computer
- interne snelle test.

De Elektrotechniek in en om het Rekentuig [1])

IV. Organisatie van de rekenmachine

door prof. dr. G. A. Blaauw, Technische Hogeschool Twente



Summary: *Computer-organization.*
The architecture, implementation and realization of a computer are considered in turn with respect to their definition characteristics and interfaces.
Subsequently the organization of each is treated in an introductory manner.

1. Inleiding

Bij een rekenapparaat kan men een architectuur, een uitrusting en een realisatie onderscheiden. Deze drie aspecten zullen eerst afzonderlijk worden beschouwd, waarna de organisatie van de apparatuur vanuit elk van deze drie gezichtspunten kort geschetst zal worden.

[1]) Voordrachten, gehouden voor de Afdeling voor Elektrotechniek van het K.I.v.I. op 26 april 1968 te Delft. Voor de aankondiging van deze bijeenkomst zie *De Ingenieur* 1968, nr. 16, blz. A 238. Voor de delen I en II zie *De Ingenieur* 1969, nr. 21, blz. E 55 en E 56, voor deel III zie idem nr. 29, blz. E 63.

2. Architectuur

De architectuur van een computer is dat deel van het ontwerp dat voor het gebruik bekend moet zijn. Zoals uit de naam kan worden afgeleid bevat de architectuur de grondstructuur van het apparaat. Dit betekent echter niet dat de architectuur het vage algemene idee is van het apparaat. Integendeel, het bevat alle details die de gebruiker weten moet en vroeger of later ook zeker te weten zal komen. Een voorbeeld van digitale architectuur is de automatische besturing van een liftinstallatie. Door het gebruik leert men – vaak 'aan den lijve' – de details van de werking van het systeem snel kennen. Dit wijst er te-

vens op dat een goede architectuur zelf lerend is: uit een gedeeltelijke kennis van het systeem behoort het overige door de gebruiker voorspeld te kunnen worden. Anders gesteld: goede architectuur is consequent.

Hoewel de naam architectuur pas een achttal jaren voor computers gebruikt is, is dit begrip veel ouder, in feite even oud als de eerste technische apparaten. Een kind dat leert 'op de klok kijken' leert in feite de architectuur van de klok, namelijk dat er twee wijzers zijn, een korte en een lange die samen de tijd aangeven.

3. Uitrusting

Waar de architectuur bepaalt *wat* er gebeurt, geeft de uitrusting aan *hoe* dit gebeurt. De uitrusting van de computer is dus de logische structuur die de architectuur verzorgt. Schijnbaar biedt na het vaststellen van de architectuur de uitrusting weinig interessante perspectieven meer. Het tegendeel blijkt echter het geval te zijn. Zo is bij het voorbeeld van de klok een rijke schakering van uitrustingen in de loop der tijden ontwikkeld. Voor de energievoorziening wordt gebruik gemaakt van zwaartekracht, mechanische spanning, wisseling in atmosferische druk, elektrische stroom en lichamelijke beweging; voor de vereiste precisie gebruikt men een balans, slinger, kristal, stemvork of de periode van het elektrisch net. Evenzo bestaat bij de computer een arsenaal van mogelijkheden – in tijd en ruimte – om de gewenste prestatie voor zo gering mogelijke kosten te verkrijgen. In de eenvoudigste vorm gaat het hier om de keuze tussen serie- en parallelorganisatie. Het uitwisselen van tijd en ruimte ontmoet men echter nog op veel andere – vaak zeer complexe – manieren. Zo kunnen de door de architectuur vereiste functies achter elkaar worden verricht of elkaar overlappen. De apparatuur kan daarbij bovendien op nog te verrichten functies vooruitlopen met de bereidheid een eventuele foute veronderstelling te corrigeren. Een ander voorbeeld is de keuze tussen vragende en roepende apparatuur. In het eerste geval wordt voortdurend nagegaan of er iets te doen is ('polling') in het tweede geval zal een te verrichten taak zelf kenbaar maken ('interrupting') dat er iets gedaan moet worden.

Een goede uitrusting zal bij de optimalisering van prestatie ten opzichte van kosten, beide begrippen zo ruim mogelijk stellen. Niet alleen de fabricagekosten van het apparaat, maar ook de kosten van bijvoorbeeld bedrijfsklaar maken, onderhoud, reserve-onderdelen en training van onderhoudspersoneel, dienen in aanmerking te worden genomen. Evenzo wat de prestatie betreft, niet alleen die van het apparaat op zich zelf, maar ook die van het apparaat zoals het zich in de totale werkomgeving gedraagt – of eventueel misdraagt – dus in aanmerking nemend, defecten, programmatuur en de procedures van de operateur. Zo stelt alleen zulk een breed perspectief de ontwerper in staat verantwoord te bepalen of hij bijvoorbeeld in zijn apparaat fouten zal negeren, herkennen, herstellen, lokaliseren en/of elimineren.

De functionele beschrijving van een apparaat is het eindprodukt van de architectuur. Het eindprodukt van de uitrusting is het logisch ontwerp. Dit kan worden vastgelegd in een serie gedetailleerde blokdiagrammen of in een serie verklaringen (statements), ook wel het Booleaanse boek genaamd. De eerste beschrijvingsvorm sluit aan bij het klassieke tekenen van elektrische schakelingen. De tweede methode brengt tot uiting dat het logisch ontwerp een algoritme is dat in de juiste taal volledig en efficiënt beschreven kan worden. De resultaten van beide methoden kunnen met 'design automation' genoteerd worden. Deze naam pretendeert hier echter te veel; het is in feite ontwerpdocumentatie. Ook voor de beschrijving in de architectuur zijn twee keuzemogelijkheden: de schrijftaal en een algoritmische notatie. Het voordeel van de eerste is dat de diverse mensen die het apparaat moeten kunnen begrijpen geen taalbarrière ondervinden. Het nadeel is de bekende redundantie van de taal en de moeizaamheid van exacte formulering. De algoritmische beschrijving kan dan ook veel korter zijn en biedt minder kans op misvatting. Vaak worden beide beschrijvingen gebruikt. De taak van de logische ontwerper bestaat dus uit het vertalen van het functionele architectonische algoritme in een bouwbaar uitrustingsalgoritme.

4. Realisatie

De realisatie van een computer is de fysische structuur die de logische structuur belichaamt. In plaats van het 'hoe en wat' komen nu 'wie en waar' aan de orde. Waar de alternatieven van de uitrusting logisch zijn, en daardoor min of meer tijdloos, is een deel van de realisatie sterk tijdgebonden. De componenten van gisteren zijn morgen alweer verouderd. Het ontwerpen van deze componenten blijft hier echter buiten beschouwing. De overige problemen van de computerrealisatie zijn van logische aard en daarmee minder snel verouderd. Zo kunnen de keuze van de functie van componenten en de route van hun verbindingen door algoritmes bepaald worden en het is hier dat de naam ontwerpautomatisering (design automation) terecht gebruikt kan worden, al heeft deze automatisering nog steeds de aard van een nuttig gereedschap.

Goede realisatie is bouwbaar en onderhoudbaar. Vandaar dat een grote nadruk valt op de zogenaamde 'verpakking' van de componenten: de montage op dragers, kaarten en rekken, de verbinding met connectoren en bedrading, de toevoer van energie door voeding en de afvoer daarvan door koeling.

5. Interfaces

Het onderscheiden van architectuur, uitrusting en realisatie is in de loop der jaren steeds belangrijker geworden. Zo kunnen bij een gegeven architectuur diverse uitrustingen behoren. Elk van deze – zogenaamde compatibele – computers kan dan voor dezelfde architectuur een eigen kosten-prestatieverhouding hebben. Een verhouding, die soms zeer genuanceerd op een bepaald toepassingsgebied is afgestemd. Ook kan voor eenzelfde uitrusting meer dan een realisatie gebruikt worden.

Een voorbeeld hiervan was de IBM 7090 die wat logisch ontwerp betreft de IBM 709 zeer nauw volgde maar waarbij de één van transistors gebruik maakte en de ander van elektronenbuizen. Het is dus wenselijk dat het ontwerp op een van de drie gebieden voor de andere gebieden een zo groot mogelijke vrijheid laat.

De gegeven driedeling heeft uiteraard zijn beperkingen. Zo is het niet vanzelfsprekend of het gedrag van een defecte computer tot de architectuur of de uitrusting gerekend moet worden. Ten einde de nodige scherpte van de architectuur te verkrijgen is het daarom nuttig voor een ontwerp de grenzen ervan vast te leggen, dus te zeggen wat er wel en niet onder valt.

De vrijheid die door een scherpe definitie geschapen kan worden maakt het ook gemakkelijker dat diverse teams gelijktijdig aan een ontwerp werken. De gebruikte definities, zoals de machinetaal of het logisch ontwerp, vormen in feite een

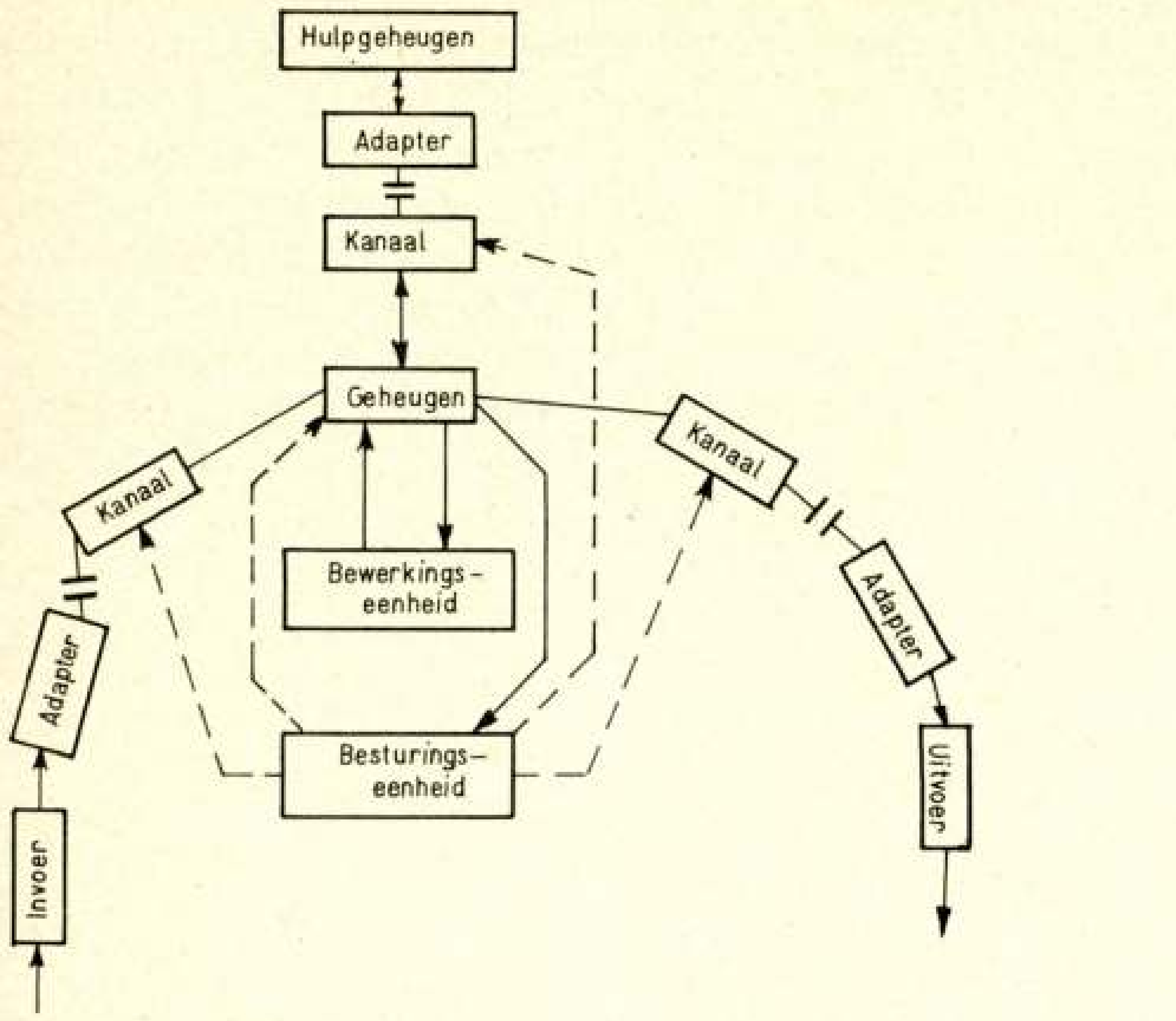


Fig. 1. Schema van de computer, gezien vanuit het standpunt van de systeemprogrammeur.

scheidingsvlak (interface) tussen de werkgebieden. Dit principe van 'verdeel en heers' wordt nog verder doorgezet door ook binnen elk gebied interfaces aan te brengen. Een alledaags voorbeeld hiervan is het stopcontact dat de uitwisselbaarheid en onafhankelijke ontwikkeling van de elektrische installatie en de daarop aangesloten apparaten mogelijk maakt. Het is hierbij nuttig op te merken, dat noch het stopcontact, noch de stekker het interface vormt, maar dat dit gevormd wordt door de standaarddefinitie (elektrisch en mechanisch) waar beide aan voldoen.

Bij de computer is het meest bekende interface de verbinding tussen centrale eenheid en geheugen enerzijds en de randapparaten anderzijds. Aan de centrale kant zorgt daarbij een kanaal voor het transport van informatie, die in standaardvorm is gebracht. Aan de kant van de randapparatuur zorgt een 'adapter' ervoor dat de informatievorm eigen aan het randapparaat in deze standaardvorm vertaald wordt. Een ander voorbeeld is de koppeling tussen het geheugen en de centrale rekeneenheid. Deze zal men bij voorkeur zodanig maken dat op een later tijdstip het geheugen door een sneller of groter type vervangen kan worden. Daar deze onderdelen echter zeer nauw op elkaar moeten aansluiten is het duidelijk dat deze onderlinge vrijheid niet steeds gemakkelijk te verwezenlijken is.

6. Architectonische organisatie

Het voorgaande leidt tot een algemene samenhang van de computer als geschetst in fig. 1. Dit is dus het beeld dat de gebruiker – in de eerste plaats de systeemprogrammeur – van de machine heeft. Men herkent hierin de afzonderlijke apparatuur voor verwerven, bewaren, bewerken, besturen en vermelden van informatie. Bewaren kan in het hoofd- (of werk-) geheugen geschieden of in de hulpgeheugens die tezamen met de in- en uitvoer de randapparatuur vormen. De besturing maakt gebruik van opdrachten die zeggen wat er gebeuren moet (codegedeelte) met welke data (adresgedeelte). Opdrachten en data zijn in het geheugen opgeslagen. De opdrachten worden een voor een uitgevoerd. Door de volgorde van uitvoering afhankelijk te stellen van de resultaten van de bewerking kan een beslissing genomen worden.

Een eenvormige vorm hiervoor is: 'neem de volgende opdracht indien het resultaat van de laatste bewerking nul is, maar ga naar een nieuwe reeks opdrachten als dat resultaat niet nul is'. In tabel 1 is als voorbeeld de bewerking $a + b = c$ getoond, gevolgd door de juist beschreven beslissing. In totaal zijn hier vier opdrachten nodig. Het getoonde opdrachtformaat is als voorbeeld eenvoudig gehouden. Gewoonlijk heeft het adresgedeelte een meer complexe structuur. De macht van een computer wordt namelijk meer bepaald door het gemak waarmee data geadresseerd kunnen worden dan door het aantal verschillende bewerkingen waartoe de machine in staat is. De eenvoud van de beslissingsopdracht vestigt er de aandacht op dat snelheid en gemak van beslissing minstens even belangrijk zijn als snelheid van aritmetiek.

Tenslotte is het van groot belang hoe het informatietransport van en naar de randapparatuur plaatsvindt. Het is hierbij gebruikelijk dat een opdracht deze bewerking specificeert en initieert, waarna het transport gelijktijdig met de volgende opdrachten plaatsvindt. Daar deze volgende opdrachten weer nieuwe informatietransporten kunnen initiëren kan zo een veelheid van transportbewerkingen naast de aritmetische of logische bewerkingen plaatsvinden.

7. Organisatie-uitrusting

Het zojuist beschreven programma van vier bewerkingen zou met de uitrusting die als blokdiagram in fig. 2 getoond is kunnen worden uitgevoerd. Hierin zijn een aantal registers (lokaal geheugen), een combinatorische eenheid (aritmetisch en logisch orgaan) en het hoofdgeheugen onderling verbonden. De verbindingslijnen vertegenwoordigen elk een of meer draden, afhankelijk van de min of meer parallelle organisatie van de machine. Schematisch zijn in de verbindingen poorten aangegeven. Dit zijn eenvoudige schakelaars, die de verbinding maken of verbreken.

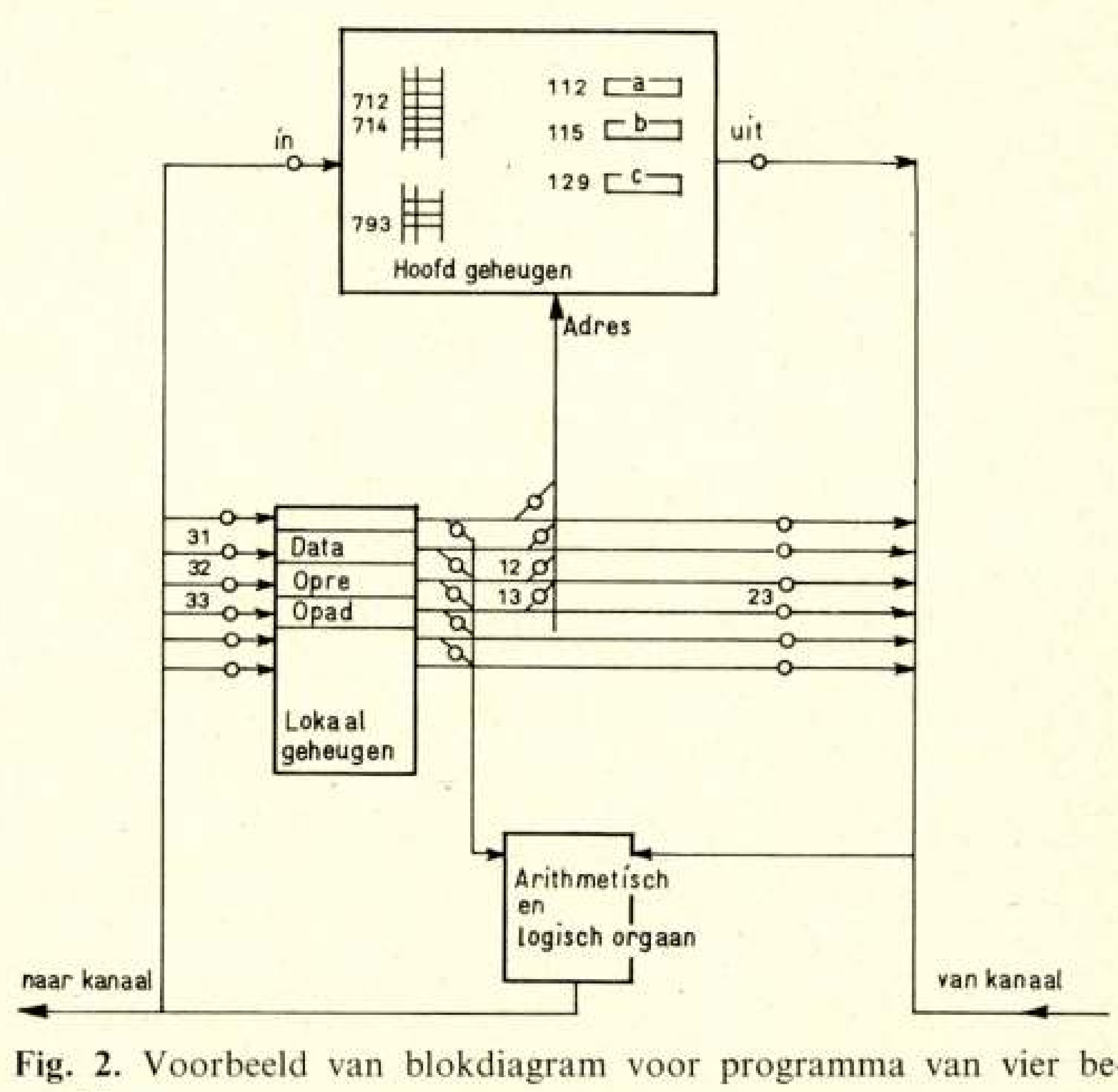


Fig. 2. Voorbeeld van blokdiagram voor programma van vier bewerkingen.

Tabel 1.

	Opdracht		
Adres	Code	Inhoud adres	Betekenis
712	3	112	3 = breng uit geheugen 112 = adres van 'a'
713	4	115	4 = tel op vanuit geheugen 115 = adres van 'b'
714	2	129	5 = plaats in geheugen 129 = adres van 'c'
715	8	793	8 = begin elders indien vorig resultaat ≠ 0
716			793 = adres van volgende opdracht indien c = 0

Bij de aanvang van het programma bevindt het adres van de eerste opdracht (712) zich in register OPAD (opdrachtadres). Poort 13 verbindt dit register met de geheugenadressering. De inhoud van de gekozen geheugenplaats, de opdracht, kan nu via poort UIT, de combinatorische eenheid en poort 32 in het opdrachtregister (OPRE) geplaatst worden. De opdracht passeert hierbij de combinatorische eenheid zonder te worden veranderd. Hierna komt een nieuw stel poorten in actie. Poort 12 verbindt het adresgedeelte van het opdrachtregister met het geheugen, zodat gegeven 'a' vanuit plaats 112 via UIT, de combinatorische eenheid en poort 31 in het dataregister wordt geplaatst. Tenslotte wordt het opdrachtadres met één verhoogd door het via 23 en 33 rond te sturen en is er in de combinatorische eenheid één bij op te tellen. De eerste opdracht is nu uitgevoerd. Het heeft in deze uitrusting drie stappen vereist.

Op soortgelijke wijze kunnen de andere opdrachten worden uitgevoerd. In plaats van de logica voor openen van de poorten min of meer 'ad hoc' uit 'en'- en 'of'-schakelingen samen te stellen, kunnen de poortpatronen in een geheugen, het microgeheugen worden opgeslagen. De stappen krijgen hierbij het karakter van een opdracht: de micro-opdracht. Hoewel de micro-opdrachten van de uitrusting primitief zijn vergeleken met de 'machinetaal'-opdrachten van de architectuur hebben zij in principe veel overeenkomst. Het blijkt dat zij het mogelijk maken een complexe architectuur door een primitieve interne structuur te simuleren.

Anderzijds kan ter bevordering van de snelheid de interne structuur complexer ('rijker') gemaakt worden. Zo zou de ophoging van het opdrachtadres in een aparte combinatorische eenheid (de opdrachtteller) kunnen geschieden, zodat deze bewerking kan worden overlapt met het halen van de opdracht. De machine maakt hierbij een tijdwinst door meer ruimtelijke eenheden te gebruiken maar blijft dezelfde architectuur behouden.

Het informatietransport van en naar de randapparatuur kan van de getoonde uitrusting gebruik maken. Een paar van de registers van het lokale geheugen kunnen worden gebruikt om de nodige referentie-adressen te bewaren. Telkens wanneer data beschikbaar komen (in) of verstrekt moeten worden (uit) wordt de normale stroom van micro-opdrachten onderbroken en een aparte serie uitgevoerd die dit transport bewerkstelligt. Afgezien van de veroorzaakte vertraging is deze tijdelijke interruptie echter niet door de gebruiker te merken. Ook hier echter heeft de ontwerper de vrijheid oplossingen te kiezen die minder gemeenschappelijke apparatuur gebruiken en daardoor duurder en sneller zijn. Tevens is de eerder genoemde keuze tussen vragende en roepende apparatuur van toepassing.

8. Organisatie-realisatie

Reeds uit het vereenvoudigde diagram van fig. 2 is op te merken dat er een rijkelijk gebruik van geheugens wordt gemaakt. Zo vervult bijvoorbeeld het microgeheugen de taak van een aantal combinatorische schakelingen. Deze verschuiving van grillige logische voorwaarden naar netjes te ordenen geheugens is een gevolg van de eisen van de realisatie. Geordende structuren zijn namelijk aanmerkelijk goedkoper te bouwen en te onderhouden – te 'verpakken' – dan meer grillige structuren.

Vandaar ook dat de diverse registers tot een ordelijk lokaalgeheugen zijn samengevoegd. Een nog goedkopere realisatie kan verkregen worden door voor microgeheugen, lokaalgeheugen en werkgeheugen aparte delen van een enkele geheugeneenheid te gebruiken. Dit maakt de snelheid van deze uitrusting geringer en zal dus bij voorkeur bij kleinere machines worden toegepast.

Het is hierbij opmerkelijk dat uitwendig de inwendige structuur steeds minder merkbaar wordt. Waren bij de overgang van bestuurslogica naar microgeheugen de afzonderlijke bestuursfuncties moeilijker herkenbaar, bij het verenigen van diverse geheugens in een enkele eenheid zijn ook de verschillende functies van lokaal- en microgeheugen uiterlijk niet meer te herkennen. Daarnaast worden voor de resterende logische schakelingen bij voorkeur steeds minder verschillende typen gebruikt, waarbij tevens door de ontwikkeling van geïntegreerde schakelingen de hoeveelheid logica per component groter kan worden.

Voor de realisatie neemt de organisatie van de computer dus een steeds meer geordende en uiterlijk uniforme vorm aan. Dit komt dan ook duidelijk tot uiting in de gebruikelijke opbouw uit een veelheid van modules, kaarten en panelen.

Korte technische berichten

Westinghouse introduceert '4e generatie'-computerserie

Westinghouse Electric Corporation is kort geleden gestart met de fabricage van de 'Prodac 2000'-computerserie, die naar de firma verklaart de enige computer is die aan de gebruiker een modulaire opbouw zowel in 'hardware' als in 'software' biedt. Hiermee wordt een oplossing geboden voor het verschijnsel dat een computergebruiker enige tijd na de aanschaf van een systeem bemerkt dat hij zijn behoefte aan rekenmachinecapaciteit heeft onderschat en eigenlijk de relatief nieuwe apparatuur al weer zou moeten vervangen.

Een van de meest in het oog springende aspecten van de 'Prodac 2000' is, dat de kern van het systeem bestaat uit slechts vier kaarten van 16 inch bij 25 inch, waarop de circuits voor alle in- en uitvoerfuncties, geheugenfuncties en rekenkundige functies zijn ondergebracht. In plaats van een aantal uitvoerige en tijdrovende metingen te moeten verrichten om een opgetreden fout te lokaliseren en te herstellen, is het in dit systeem voldoende één van de vier kaarten te vervangen door een reservekaart. De gebruiker kan, indien hij dit wenst, deze reservekaarten van de fabrikant betrekken op 'lease'-basis. De defecte kaart wordt vervolgens naar de fabriek opgestuurd waar met behulp van speciale testapparatuur een snelle en deskundige reparatie wordt uitgevoerd.

De 'hardware' kan door de gebruiker op eenvoudige wijze worden uitgebreid door het toevoegen van extra circuitkaarten.

Westinghouse Press Release nr. N/R 33/69.

Varia

Internationaal Symposium Informatietheorie, Noordwijk 1970

Het Internationaal Symposium over Informatietheorie dat in 1962 werd gehouden in Brussel, in 1965 in Los Angeles, in 1967 in San Remo en in 1969 in Ellenville wordt in 1970 gehouden in Hotel 'Huis ter Duin', Noordwijk, Nederland. Het Symposium staat onder auspiciën van de Informatietheorie Groep van het Institute of Electrical and Electronic Engineers, van de Internationale Wetenschappelijke Radio Unie en van het Nederlands Electronica- en Radio-Genootschap.

Behandeld zullen worden: Theorie van de codering; Detectie en schatting (estimation); Predictie en filtertheorie; Stochastische processen; Patroonherkenning; Systemen, die leren en zich aanpassen; Toepassingen.

In deze en verwante onderdelen van de informatietheorie worden bijdragen verwacht. Deze worden ingedeeld in lange bijdragen van 30 minuten en korte bijdragen van 15 minuten. De lange bijdragen worden beoordeeld op grond van het volledige manuscript. Voor de korte bijdragen verwacht men een overzicht van 300 woorden (geen vergelijkingen).

Manuscripten en overzichten moeten worden ingezonden vóór 1 januari 1970. Vóór 1 maart 1970 wordt meegedeeld of deze aangenomen zijn of niet. Men kan zich bedienen van de Engelse, de Franse of de Russische taal. Auteurs worden verzocht het voornaamste onderwerp van hun bijdrage op te geven, opdat deze gemakkelijker naar de betreffende beoordelingscommissie kan worden gezonden.

Alle vergaderingen worden gehouden in de zalen van hotel 'Huis ter Duin'. Men hoopt door de concentratie in één hotel de internationale gedachtenwisseling te bevorderen.

De beide voorzitters zijn: Dr. Paul E. Green, M.I.T. Lincoln Laboratory, Lexington, Mass. 02173, U.S.A. en Prof. Dr. F. L. Stumpers, Natuurkundig Laboratorium, N.V. Philips, Eindhoven. Manuscripten gelieve men te zenden aan het adres van eerstgenoemde.

Uit het NERG

Administratie van het NERG: Postbus 39, Leidschendam.
Giro 94746 t.n.v. penningmeester NERG, Leidschendam.
Secretariaat van de Examencommissie-NERG: van Geusaustraat 151, Voorburg.

205e Werkvergadering op vrijdag 10 oktober 1969 in de Congreszaal van de Bernhardhal van de Koninklijke Nederlandsche Jaarbeurs aan de Croeselaan te Utrecht. Aanvang 10.15 uur

In het kader van de tentoonstelling 'Het Instrument' organiseert het NERG een bijeenkomst onder de titel 'Elektronische en fysische instrumentatie in de geneeskunde'.

Het programma luidt als volgt:

10.15 uur: Opening door de voorzitter.
10.30 uur: Dr. ir. W. Herstel (Rijksuniversiteit Leiden): *Toepassing van de elektronica in de geneeskunde.*
11.15 uur: Dr. ir. G. van Aller, Dr. W. Kühl (Philips Eindhoven): *Informatie-overdracht met beeldversterkende systemen.*
12.00 uur: Lunch aangeboden door de Coöp. Vereniging 'Het Instrument' in de speciale eetzaal van de Marijkehal.

De vergadering is gekoppeld aan een bezoek aan de tentoonstelling 'Het Instrument'.

Belangstellenden dienen zich schriftelijk aan te melden bij de administratie van het NERG, Postbus 39, Leidschendam. Toegangsbewijzen voor de tentoonstelling 'Het Instrument' (dagkaart *f* 4,—; doorlopend toegangsbewijs *f* 7,50) zijn uitsluitend verkrijgbaar aan de kassa van het tentoonstellingsgebouw.

Vervoer per speciale bus van het station N.S. naar het tentoonstellingsgebouw v.v. en van het parkeerterrein aan de Weg der Verenigde Naties tot de Croeselaan v.v. is gratis.

Ledenmutaties

Nieuwe adressen van leden

Dr. ir. P. M. E. M. van der Grinten, Beatrixlaan 17, Geleen.